

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053459

International filing date: 14 December 2004 (14.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE

Number: 103 59 534.1

Filing date: 17 December 2003 (17.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 14 February 2005 (14.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

02.02.2005



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 59 534.1

Anmeldetag: 17. Dezember 2003

Anmelder/Inhaber: Endress + Hauser GmbH + Co KG,
79689 Maulburg/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Optimierung
der Emission bei Pulsechoverfahren

IPC: G 01 S 7/28

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 20. Januar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Höß", is written over a stylized, flowing line that extends from the end of the "Im Auftrag" line.

Verfahren und Vorrichtung zur Optimierung der Emission bei Pulsechoverfahren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Optimierung der
5 Emission bei Pulsechoverfahren mit elektromagnetischen Signalen. Die
Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zur
Optimierung der Emission bei breitbandigen Pulsradarverfahren, wie sie in der
industriellen Messtechnik im Rahmen einer Prozeßautomatisation zur
genauen Entfernungsbestimmung fester und beweglicher Ziele verwendet
10 werden.

Ein bekanntes Pulsradarverfahren ist beispielsweise die kontinuierliche
Bestimmung eines Füllstands eines Mediums in einem Behälter oder Tank. In
der industriellen Prozeßmeßtechnik werden solche Messungen mit
15 Pulsradarsignalen durchgeführt, die von einem meist oben im Tank oder
Behälter angebrachten Messgerät, auch Transmitter genannt, zum Medium
gesendet werden. Die Signale werden vom Medium reflektiert und als so
genannte Echosignale vom Messgerät empfangen. Prinzipiell wird bei diesem
Verfahren mittels einer Sendeimpulsfolge und einer Abtastimpulsfolge mit
20 einer geringfügig unterschiedlichen Impulswiederholfrequenz ein
zeittransformiertes Zwischenfrequenzsignal erzeugt. Dieses
Zwischenfrequenzsignal wird verstärkt, demoduliert und auf die Laufzeit des
Messsignals hin ausgewertet. Aus der Laufzeit eines Messsignals wird die
Entfernung zwischen Messgerät und Medium bestimmt, woraus dann in
25 Kenntnis der Geometrie des Behälters oder Tanks der gesuchte Füllstand
ermittelt wird.

Sinnvollerweise befindet sich das Messgerät oberhalb des Mediums und des
höchsten zu erwartenden Füllstands des Mediums im Behälter oder Tank.
30 Pulsradarsignale werden dazu üblicherweise entweder frei vom Messgerät
zum Medium emmitiert oder an einem in das Medium eintauchenden

Wellenleiter geführt. Die Messgenauigkeit hängt von der Dielektrizitätskonstanten des Mediums, auch DK-Wert genannt, ab.

Die für die beschriebenen Füllstandsmessungen verwendeten

5 Pulsradarsignale sind sehr breitbandig und weisen Sendepulisspektren im Bereich von einigen MHz bis in den GHz-Bereich hinein auf. Sie bereiten jedoch eben darum immer wieder Probleme mit ihren Emissionswerten, die oft bis an die zulässigen Grenzwerte funktechnischer und anderer Zulassungen, wie z.B. beim so genannten CE-Zeichen, gehen. Hersteller von Messgeräten der industriellen Prozeßmeßtechnik, die mit Pulsradarsignalen arbeiten, haben aber normalerweise kein Interesse an einer funktechnischen Zulassung für diese Messgeräte.

10 Um die Emissionswerte der Messgeräte mit Pulsradarsignalen unterhalb jener Grenzwerte zu halten, ab denen eine funktechnische Zulassung erforderlich ist, sind in der Praxis bisher immer Maßnahmen getroffen worden, die zu Lasten der Messperformance bzw. des Einsatzbereiches in der Anwendung gingen. Einige Maßnahmen zur Herabsetzung der Emission und die damit verbundenen Einschränkungen sind hier nachfolgend genannt:

20

- Eine Verringerung des Sendepegels führt zu einem entsprechend geringeren Echosignal. Speziell bei großen Messdistanzen und geringen DK-Werten des Mediums sinkt damit jedoch die Sicherheit, ein eindeutiges Echosignal zu erhalten.
- Eine Verringerung der Pulswiederholrate verringert zwar die Emission, verschlechtert aber die Messgeschwindigkeit und/oder die Auflösung der Nutzsignale.

30 Ist es andererseits nicht möglich, die Emission der zu Füllstandsmessungen verwendeten Pulsradarsignale zu verringern, ist ein Betrieb der betreffenden Messgeräte nur in geschlossenen metallischen Behältern oder Tanks möglich, wenn geforderte Emissionsgrenze für Industrieumgebung nicht ausreichend

ist. Bei nichtmetallischen Behältern bleibt dann nur noch ein Betrieb mit auf einem Wellenleiter geführten Pulsradarsignalen, wobei der Wellenleiter eine Koaxial-Sonde sein sollte.

5 Die beschriebenen Probleme sind grundsätzlicher Art, und viele Hersteller von Messgeräten mit Radarpulssignalen haben bisher nur unwesentliche Fortschritte gemacht haben. Außerdem sind Hinweise auf Einschränkungen der Einsatzbedingungen bezüglich CE-Bestimmungen müssen in der Betriebsanleitung vermerkt werden.

10

Für Messgeräte mit schmalbandigen Radarsignale wurde bereits eine andere Möglichkeit entwickelt, die Emmissionswerte der Pulsradarsignale zu begrenzen. Die Deutsche Patentschrift DE-4207627-C2 beschreibt, wie eine einzige Frequenz eines schmalbandigen Radarpulssignals, das als

15 Messignal eines Messgerätes dient, in seiner Phase um π rad im Sinne einer Phasenmodulation verschoben wird. Nach der DE-4207627-C2 wird dazu die Phase der Trägerfrequenz der Radarwellenpulsfolge und die Phase der Abtastimpulsfolge synchron durch die gleiche pseudo-statistische Binärfolge moduliert. Dieses Verfahren führt zu einer Reduktion der hohen

20 Emmissionswerte, genauer: der Spektrallinienleistung durch Umwandlung in eine gleichförmige, niedrige spektrale Leistungsdichte. Es betrifft jedoch nur eine einzelne Frequenz des betrachteten Spektrum und ist somit nicht für breitbandige Radarpulssignalverfahren geeignet, weil es in diesem Falle versagt. Für Füllstandsmessungen in der industriellen Messtechnik werden jedoch breitbandige Radarpulssignale verwendet, die jedoch sehr viele

25 Einzelfrequenzanteile besitzen. Wollte man das Verfahren nach der DE-4207627-C2 darauf anwenden, müsste jeder Frequenzanteil um seine spezifische π rad verschoben werden, was zu einer jeweils unterschiedlichen Zeitverschiebung führen würde. Damit ist das Verfahren nach der DE-30 4207627-C2 für industrielle Füllstandsmesstechnik mit breitbandigen Pulsradarsignalen ungeeignet.

Weiterhin ist von Füllstandsmessungen mit breitbandigen Radarpulssignalen bekannt, dass sich bei sehr kurzen Nadelimpulsen das Störspektrum über mehrere Frequenzdekaden von einigen MHz bis zu einigen GHz erstrecken kann, so dass je nach Signalform, Amplitude und Pulswiederholungsfrequenz 5 die zulässigen bzw. erwünschten Emmissionswerte leicht überschritten werden können. Um den Emmissionspegel zu minimieren, ist versucht worden, die Pulswiederholungsfrequenz zu modulieren bzw. mit einem Phasenjitter zu versehen. Aber besonders bei rein digital aufgebauten Füllstandsmessgeräten, bei denen die Pulswiederholungsfrequenz von einem Quarz gesteuert ist, ist dies mit erhöhtem Aufwand verbunden, weil analoge Komponenten benötigt werden.

10 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Optimierung der Emission bei breitbandigen 15 Pulsradarverfahren anzugeben, die die oben angegeben Nachteile vermeidet und die auch die Verwendung einer in der industriellen Messtechnik üblichen Quarz-genauen Pulswiederholungsfrequenz ermöglicht.

20 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz gesendet werden, wobei die Polarität eines Pulses mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz entsprechend einer Zufallsfolge umgeschaltet wird.

25 Bei einer besonderen Ausführung des Verfahren nach der Erfindung ist die Pulsrepetitionfrequenz konstant.

Bei einer anderen Ausführung des Verfahren nach der Erfindung ist die Pulsrepetitionfrequenz zusätzlich verjittert.

30 Noch eine andere Ausführung des Verfahren nach der Erfindung arbeitet mit Sendepulsen mit beliebiger Pulsform.

Die oben genannte Aufgabe wird auch gelöst durch eine erste Variante einer Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, die zwei Sendesignalgeneratoren unterschiedlicher Polarität umfasst, zwischen deren Ausgangssignalen in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge hin- und hergeschaltet wird.

10 Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine zweite Variante einer Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, die zwei Sendesignalgeneratoren unterschiedlicher Polarität umfasst, die in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge ein- bzw. ausgeschaltet werden.

15 Im übrigen wird die oben genannte Aufgabe gelöst durch eine dritte Variante einer Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, die einen in seiner Polarität umschaltbaren Sendesignalgenerator umfasst, der in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge umgeschaltet wird.

20 In einer besonderen Ausführungsform der Schaltung nach der Erfindung ist die Zufallsfolge eine PN-Codefolge, die von einer PN-Codegeneratorschaltung erzeugt wird.

25 Bei einer anderen Ausführung der erfindungsgemäßen Schaltung umfasst die PN-Codegeneratorschaltung mehrstufiges Schieberegister mit Rückkoppelabgriffen.

30 Eine weitere Ausführungsform der Schaltung nach der Erfindung umfasst eine XOR-Verknüpfung für die Rückkoppelabgriffe.

30 Grundsätzlich liegt der Erfindung die Erkenntnis zugrunde, dass eine Verschiebung eines breitbandigen Signals um π nichts anderes ist, als eine Umpolung des breitbandigen Signals, bzw. eine Multiplikation des Signals mit

dem Faktor -1. Eine solche Umpolung eines breitbandigen Signals insbesondere eines solchen für industrielle Messverfahren ist nach der Erfindung sicher zu realisieren. Besonders die Ausführungen der erfindungsgemäßen Schaltung mit Schieberegistern zur Erzeugung der 5 Zufallsfolge, die die Umschaltung der Polarität kontrolliert und die Polarität sozusagen codiert wird, ermöglicht eine exakte Periodizität der Sendesignale und damit einen reproduzierbar günstigen Effekt auf die Emmissionswerte. Je größer die Anzahl der verwendeten Schieberegister, desto länger die Zeit, bis sich die Serie der optimierten Sendesignale wiederholt.

10

Ein weitere Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass sie die Verwendung einer beliebigen Signalform eines Pulsradsarsignals erlaubt, da die erfindungsgemäße Codierung der Polarität der Sendesignale unabhängig von deren Signalform geschieht.

15

Insgesamt ist festzustellen, dass der Emissionswert breitbandiger Pulsradsarsignale mit der erfindungsgemäßen Polaritätscodierung des Sendepulses wesentlich minimiert wird, obwohl der Sendepegel und/oder die Pulswiederholrate zusätzlich gesteigert werden kann. Dies führt bei

20

Messverfahren, insbesondere bei Füllstandsmessungen mit Pulsradarverfahren zu einer Erhöhung der Messperformance und bietet zusätzlich den Vorteil, dass eine Unterscheidung der Einsatzfähigkeit für metallische Behälter oder Freifeld einfacher wird. Damit sind auch Füllstandsmessungen mit breitbandigen Pulsradsarsignalen in Glas- oder

25

Kunststoffbehältern möglich, die mit bisher üblichen breitbandigen Pulsradsendesignalen wegen zu starker Emmissionswerte nicht durchführbar waren. Indirekt verbessert sich auch die Störfestigkeit der Signale, weil die Pegel der Nutzsignale, also der Nutzechos, gegenüber gleichen Bedingungen bei bisherigen Messverfahren größer werden.

30

Zusätzlich können Phantomechosignale, die aufgrund von Überreichweiten entstehen, unterdrückt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen genauer erläutert und beschrieben, wobei auf die beigefügten Zeichung verwiesen wird. Dabei zeigen:

5 Fig. 1 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines herkömmlichen breitbandigen Pulsradarsignals;

10 Fig. 2 eine Darstellung des Frequenzspektrums des breitbandigen Pulsradarsignals nach Fig. 2;

15 Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer Schaltung eines PN-Codegenerators nach der Erfindung;

20 Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Schaltung nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals mit codierter Polarität;

25 Fig. 5 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Schaltung nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals mit codierter Polarität;

Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel einer Schaltung nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals mit codierter Polarität;

30 Fig. 7 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines codierten breitbandigen Pulsradarsignals;

Fig. 8 eine Darstellung des Frequenzspektrums des codierten breitbandigen Pulsradarsignals nach Fig. 7;

Fig. 9 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines

nach der Erfindung polaritätscodierten breitbandigen Pulsradsignals mit gegenüber dem in Fig. 7 dargestellten Signal verbesserter Codierung; und

5

Fig. 10 eine Darstellung des Frequenzspektrums des breitbandigen polaritätscodierten Pulsradsignals nach Fig. 9.

10

Die Erfindung wird nachfolgend und ohne Einschränkung des Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen für eine Schaltung und ein Verfahren für eine TDR-Füllstandsmessung der industriellen Messtechnik beschrieben. Die Erfindung ist die für darüber hinaus zur

15 Optimierung der Emission der verschiedensten breitbandigen Pulsradarverfahren geeignet.

Das so genannte TDR-Meßverfahren ist eine Pulsechomethode, bei der extrem breitbandige Sendepulssignale, im Mikrowellenbereich, von einem 20 Füllstandsmessgerät gesendet werden. Ein mit dem Füllstandsmessgerät, in dem die Sendesignale erzeugt und bearbeitet werden, verbundener Wellenleiter taucht dazu üblicherweise in das Medium ein, dessen Füllstand in einem Behälter oder Tank gemessen werden soll. Die Sendepulssignale werden auf dem Wellenleiter bis zum Medium geführt, an dessen Oberfläche 25 sie reflektiert werden und als Nutzechosignal auf dem Wellenleiter zum Messgerät zurücklaufen. Obwohl der größte Teil der Signalenergie auf dem Wellenleiter als Nutzsignal läuft und als Nutzechosignal wieder empfangen wird, wird ein gewisser Energieanteil abgestrahlt. Je nach Signalform, Amplitude und Pulsrepetitionsfrequenz (PRF) können die Emissionswerte 30 dabei sehr schnell vorgeschriebene bzw. zulässige Grenzwerte überschreiten und Störungen vielfältiger Art verursachen. Da bei dem TDR-Meßverfahren bisher sehr kurze positive Nadelimpulse gesendet werden, wie beispielsweise

in Fig. 5 dargestellt ist, erstreckt sich das Störspektrum über mehrere Frequenzdekaden von einigen MHz bis zu einigen GHz. Das üblicherweise auftretende Spektrum besteht aus Spektrallinien deren Verlauf z.B. bei einer solchen Nadelpulsfolge nach höheren Frequenzen hin abfällt, wie Fig. 2

5 veranschaulicht. Der Abstand der einzelnen aufeinander folgenden Spektrallinien wird durch die Pulswiederholungsrate, auch Pulsrepetitionsfrequenz (PRF) genannt, bestimmt.

10 Zur Erläuterung sei angemerkt, dass in allen Diagrammen der Fig. 1, 7 und 9 der zeitliche Verlauf von Signal-Amplituden A gegen eine Zeit t aufgetragen ist. In den dazugehörenden Fig. 2, 8 und 10 ist jeweils das zu den Signalen der Fig. 1, 7 und 9 gehörende Frequenzspektrum veranschaulicht, d.h. der Betrag der Signale in dB ist gegen die Frequenz f aufgetragen.

15 Wie oben beschrieben, zielt die Erfindung darauf ab, breitbandige Sendepulssignale, beispielsweise TDR-Sendepulse, die mit der Pulsrepetitionfrequenz PRF gesendet werden, zu optimieren. Dazu wird die Polarität der Sendepulse mit jedem PRF-Zyklus gemäß einer Zufallsfolge umgeschaltet. Es hat sich gezeigt, dass jene Zufallsfolgen am effektivsten sind, die statistisch gleich verteilte Werte aufweisen. Die bekannteste Zufallsfolge dieser Art und die einfach digital realisierbar ist, ist die so genannte PN-Codierung. PN steht für Pseudo-Noise, das bedeutet eine zufällige Folge aufeinander folgender 0- bzw. 1-Digitalwerte, den so genannten PN-Werten, die statistisch gleich verteilt ausgegeben werden, 25 jedoch mit einer Periodizität. Im Prinzip handelt es sich dabei um ein digital erzeugtes Rauschen mit exakt einstellbarer Periodizität.

30 In Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel einer solchen Schaltung eines PN-Codegenerators 10 nach der Erfindung dargestellt, mit der das erfindungsgemäße Verfahren zur Optimierung der Emission breitbandiger Sendepulse, realisiert wird. Der PN-Codegenerator 10 ist als n-stufiges Schieberegister Q mit Rückkoppelabgriffen über eine XOR-Verknüpfung 12

aufgebaut. Die einzelnen Stufen Q1 - Qn, vorzugsweise mindestens zwei Stufen, bilden das n-Bit Schieberegister mit einem Schieberegistertakt, der einen Eingangswert an einem Dateneingang D mit jedem Takt **TAKT** um eine Registerposition weiter schiebt. **TAKT** veranschaulicht hierbei die

5 quartzgesteuerte Pulswiederholungsfrequenz, die ebenfalls am Schieberegister Q am Eingang **CLK** anliegt. Durch die Rückkopplung an mindestens zwei Schieberegisterausgängen über die XOR-Verknüpfung 12 wird ein Dateneingangswert D erzeugt. Ausgangsseitig wird am PN-Codegenerators 10 eine Zufallsfolge PNCode erzeugt, die als Steuersignal und Code für eine Schaltung nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals nach den Fig. 4, 5 und 6 verwendet wird, bei der in Abhängigkeit von der Zufallsfolge PNCode die Polarität des Sendesignals umgeschaltet wird.

10 Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Periodizität, mit der sich die Zufallsfolge wiederholt von der Länge eines Schieberegisters abhängig ist. Je größer die Anzahl der Schieberegister Q1-Qn, desto länger die Zeit, bis sich die Zufallsfolge wiederholt. Für den in Fig. 3 dargestellten PN-Codegenerators 10 kann jedoch für die meisten Anwendungsfälle die Anzahl der Stufen Q1-Qn und damit die Schieberegisterlänge so gewählt werden,

15 20 dass die resultierende Zufallsfolge als nicht periodische Folge betrachtet werden kann. Zufallsfolgen mit z.B. Gaussverteilung oder andere statistisch nicht gleich verteilte Folgen sind zwar möglich, aber nicht so effektiv. Als besonders effektiv hat sich jedoch ein Schieberegister Q mit einer Bitbreite von 9 Bit, also neun Registerstufen Q1-Q9, gezeigt, mit dem eine Zufallsfolge 25 PNCode mit einer Länge von 511 nahezu gleich verteilten 0- bzw. 1-Takten erzeugt werden kann: 254 pos. Werte, 255 neg. Werte.

30 Die eigentliche Schaltung nach der Erfindung zur Erzeugung eines breitbandigen Sendesignals mit einer durch die im PN-Codegenerators 10 (sie Fig. 3) erzeugten Zufallsfolge PNCode codierten Polarität ist auf verschiedene Weise realisierbar. Ausführungsbeispiele dazu sind in den Fig. 4, 5 und 6 dargestellt. Entweder werden dazu zwei Sendesignalgeneratoren **Sender A**

und **Sender B**, verwendet, die jeder ein Sendesignal mit unterschiedlicher Polarität erzeugen oder ein einzelner Sendesignalgenerator **Sender C** mit umschaltbarer Polarität.

- 5 Die Umschaltung erfolgt bei der in Fig. 4 dargestellten Schaltung durch einen Umschalter 14, der in Abhängigkeit des an ihm anliegenden Polaritätscodes PNCode zwischen den Ausgängen der beiden Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** hin- und herschaltet. Eingangsseitig liegt an den Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** die
- 10 10 Pulswiederholungsfrequenz **TAKT** an.

Bei der in Fig. 6 dargestellten Schaltung wird ein Umschalter 16 auf die Eingänge der Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** geschaltet, der in Abhängigkeit des an ihm anliegenden Polaritätscodes PNCode

- 15 zwischen den Eingängen der beiden Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** hin- und herschaltet.

Anders verhält es sich mit der in Fig. 5 dargestellten Schaltung. Hier wird Polaritätscode PNCode direkt auf den Eingang des in seiner Polarität

- 20 umschaltbaren Sendesignalgenerator **Sender C** gegeben.

Die Fig. 7 - 10 veranschaulichen die deutliche Reduzierung der Emissionswerte der mit der Erfindung erzeugten polaritätscodierten breitbandigen Sendesignale. Bei einem PN-Wert der in dem PN-Codegenerator 10 (siehe dazu Fig. 3) erzeugten Zufallsfolge PNCode steht ausgangsseitig an den Schaltungen nach den Fig. 4-6 ein positiver Sendepuls an, bei einem PN-Wert = 0 wird ein Puls gleicher Pulsform, aber mit negativer Polarität ausgegeben. Diese Situation ist Fig. 9 dargestellt.

- 30 Es ist aber auch möglich, nicht nur die Polarität der Sendesignale codiert umzuschalten, sondern entsprechend einer Zufallsfolge **PNCode** Pulse zu unterdrücken. Die besondere Wirkung eines solchen Verfahrens lässt sich

auch am Beispiel einer Nadelpulsfolge als Sendesignale in Fig. 7 zeigen. Im Vergleich mit einer herkömmlichen uncodierten Nadelpulsfolge nach Fig. 1 und dem in Fig. 2 dargestellten Emmissionsspektrum zeigt sich bei dem in Fig. 8 dargestellten Betrags- bzw. Emmissionsspektrum zur codierten 5 Nadelpulsfolge nach Fig. 7 bereits eine deutliche Reduzierung der Emmissionswerte.

Noch deutlicher wird der Effekt der Optimierung der Emmissionswerte in den Fig. 9 und 10, die eine nach der Erfindung polaritätscodierte Pulsfolge 10 darstellen. Die hier darstellten Signale wurde mithilfe eines PN-Codegenerator 10 nach Fig. 3 mit einem 7-Bit-Schieberegister erzeugt. In Fig. 9 sind deutlich die durch die polaritätscodierte Pulsfolge aus negativen und positiven Pulsen zu sehen. Das dazugehörige Betrags- bzw. Emmissionsspektrum in Fig. 10 zeigt, dass der Absolutpegel der Emission 15 drastisch gesenkt worden ist.

Für alle beschriebenen Sendsignale hat sich gezeigt, dass es vorteilhaft sein kann, wenn die Pulsrepetitionfrequenz **TAKT** konstant oder zusätzlich verjittert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulsen eines Pulsechoverfahrens, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) gesendet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarität eines Pulses mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) entsprechend einer Zufallsfolge (**PNCode**) umgeschaltet wird.
- 10 2. Verfahren zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulsen eines Pulsechoverfahrens, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) gesendet werden, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Pulse mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) entsprechend einer Zufallsfolge (**PNCode**) unterdrückt werden.
- 15 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) konstant ist.
- 20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) zusätzlich verjittert ist.
- 25 5. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsform des der Sendepulse beliebig ist.
- 30 6. Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Sendesignalgeneratoren (**Sender A, B**) unterschiedlicher Polarität umfasst, zwischen deren Ausgangssignalen in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge (**PNCode**) hin- und hergeschaltet wird.

7. Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Sendesignalgeneratoren (**Sender A, B**) unterschiedlicher Polarität umfasst, die in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge (**PNCode**) ein- bzw. 5 ausgeschaltet werden.
8. Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens dadurch gekennzeichnet, dass sie einen in seiner Polarität umschaltbaren Sendesignalgenerator (**Sender C**) umfasst, der in 10 Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge (**PNCode**) umgeschaltet wird.
9. Schaltung nach einem der Ansprüche 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufallsfolge (**PNCode**) eine PN-Codefolge ist, die von einer PN-Codegeneratorschaltung (10) erzeugt wird. 15
10. Schaltung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die PN-Codegeneratorschaltung (10) ein mehrstufiges Schieberegister (Q1-Qn) mit Rückkoppelabgriffen umfasst.
11. Schaltung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine 20 XOR-Verknüpfung für die Rückkoppelabgriffe umfasst.

Zusammenfassung

Emmissionswerte bisher bekannter breitbandiger Pulsechoverfahren, insbesondere solcher, die in der industriellen Meßtechnik zur 5 Füllstandsmessung verwendet werden, erreichen häufig die zulässigen Grenzwerte.

Um eine allfällige funktechnische Zulassungen des betreffenden Messgerätes zu vermeiden, schlägt die Erfindung ein Verfahren und eine Schaltung zur 10 Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulsen eines Pulsechoverfahrens vor, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz gesendet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren und die Schaltung sehen vor, dass die Polarität eines Pulses mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz entsprechend einer Zufallsfolge umgeschaltet wird 15 oder dass einzelne Pulse mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz entsprechend einer Zufallsfolge unterdrückt werden..

(Fig. 9)

1/2

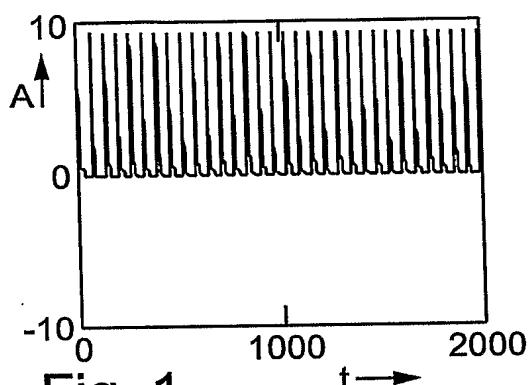


Fig. 1

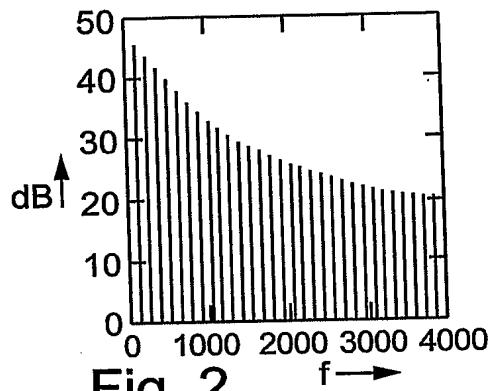


Fig. 2

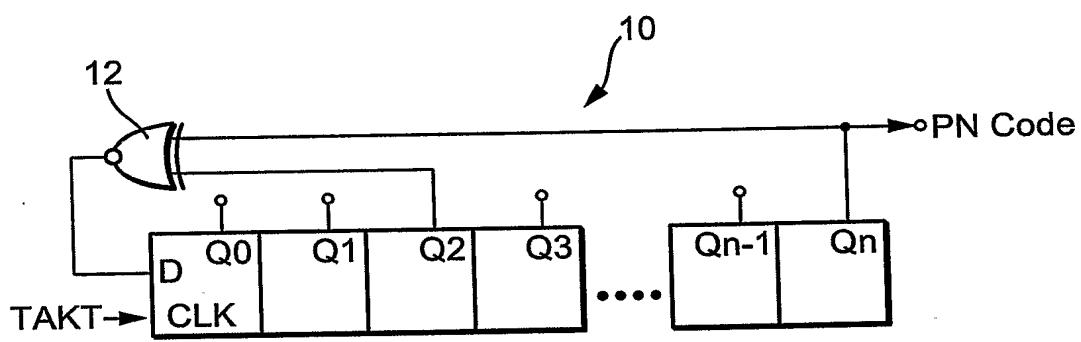


Fig. 3

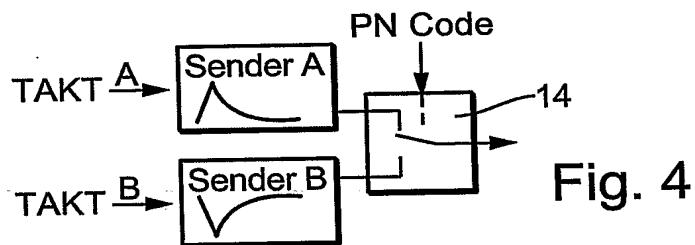


Fig. 4

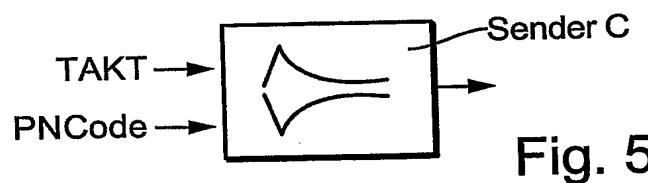


Fig. 5

2/2

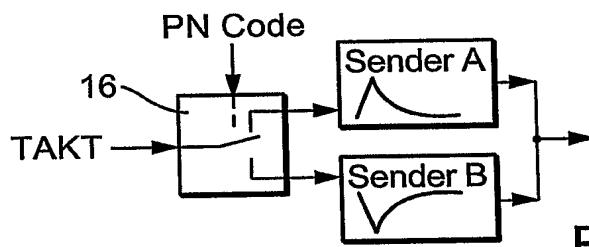


Fig. 6

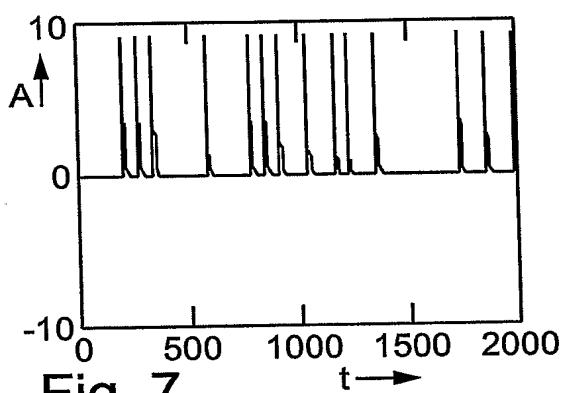


Fig. 7

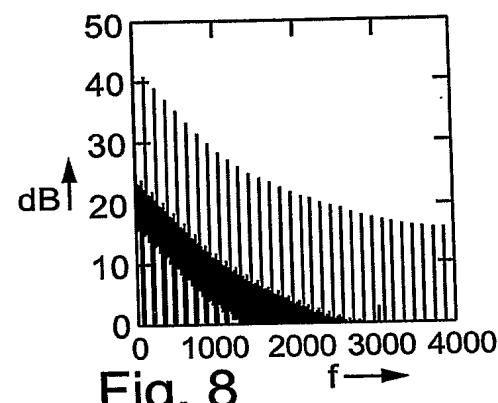


Fig. 8

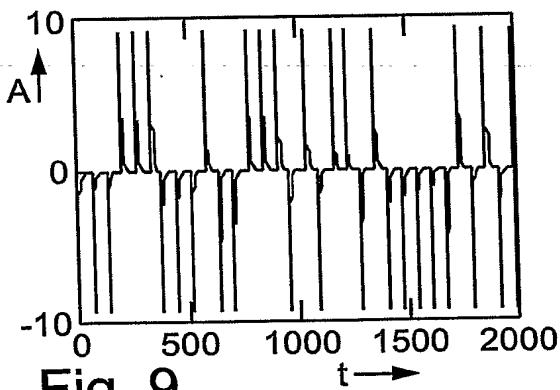


Fig. 9

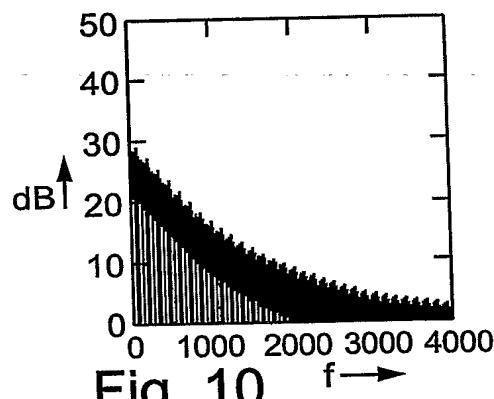


Fig. 10